

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
27 mai 2004 (27.05.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/044976 A1

(51) Classification Internationale des brevets⁷ :
H01L 21/762, 21/265

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/003256

(22) Date de dépôt international :
31 octobre 2003 (31.10.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/13934 7 novembre 2002 (07.11.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR];
31-33, rue de la Fédération, F-75752 Paris Cedex 15 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : ASPAR,

Bernard [FR/FR]; 110, lotissement Le Hameau des Ayes,
F-38140 Rives (FR). LAGAHE, Christelle [FR/FR];
La Guillenchière, Route de la Cascade, F-38134 Saint
Joseph de Rivière (FR). SOUSBIE, Nicolas [FR/FR]; 37,
avenue de Vizille, F-38000 Grenoble (FR). MICHAUD,
Jean-François [FR/FR]; Villard-Prin, F-73800 Saint
Pierre de Soucy (FR).

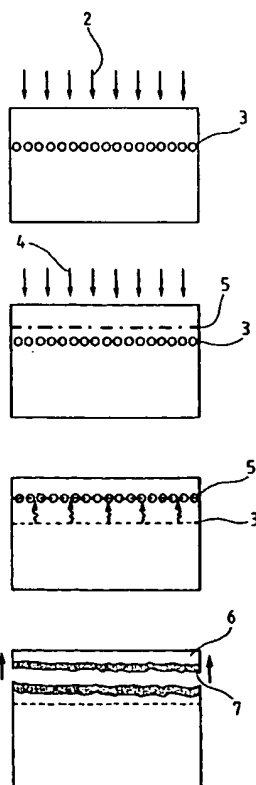
(74) Mandataire : SANTARELLI; 14, avenue de la Grande-
Armée, Boîte postale 237, F-75822 Paris Cedex 17 (FR).

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR FORMING A BRITTLE ZONE IN A SUBSTRATE BY CO-IMPLANTATION

(54) Titre : PROCEDE DE FORMATION D'UNE ZONE FRAGILE DANS UN SUBSTRAT PAR CO-IMPLANTATION



(57) Abstract: The invention concerns a method for making a thin film, which consists in creating a brittle zone embedded by implantation of a chemical species in a substrate (1), so as to be able subsequently to provoke a fracture of the substrate (1) along said brittle zone to separate therefrom said thin film (6). The invention is characterized in that the manufacturing method comprises in particular the following steps: a) a main implantation in the substrate (1) at a main depth (5) of a main chemical species (4); b) at least one secondary implantation in the substrate (1), at a secondary depth (3) different from said main depth (5), and at a concentration higher than the concentration of the main species (4), of at least a secondary chemical species (2) less efficient than the main species (4) for embrittling the substrate (1); c) causing at least part of said secondary species (2) to migrate up to the proximity of the main depth (5); and d) provoking a fracture along the main depth (5). The invention also concerns the thin film obtained by the inventive method.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une couche mince, dans lequel on crée une zone fragile enterrée par implantation d'une espèce chimique dans un substrat (1), de manière à pouvoir ensuite déclencher une fracture du substrat (1) le long de cette zone fragile afin d'en détacher ladite couche mince (6). Selon l'invention, ledit procédé de fabrication comprend notamment les étapes suivantes : a) une implantation « principale » dans le substrat (1) à une profondeur « principale » (5) d'une espèce chimique « principale » (4) ; b) au moins une implantation « secondaire » dans le substrat (1), à une profondeur « secondaire » (3) différente de ladite profondeur principale (5), et à une concentration supérieure à la concentration de l'espèce principale (4), d'au moins une espèce chimique « secondaire » (2) d'efficacité moindre que l'espèce principale (4) à fragiliser le substrat (1) ; c) la migration d'au moins une partie de ladite espèce secondaire (2) jusqu'au voisinage de la profondeur principale (5) ; et d) le déclenchement d'une fracture le long de la profondeur principale (5). L'invention concerne également une couche mince obtenue à l'aide du procédé selon l'invention.

WO 2004/044976 A1

Procédé de formation d'une zone fragile dans un substrat
par co-implantation

L'invention concerne la séparation d'une couche mince à la surface
5 d'un substrat « source », dans le but, habituellement, de reporter cette couche mince sur un substrat « cible ».

Par couche mince, on entend, de façon classique, une couche dont l'épaisseur est habituellement comprise entre quelques dizaines d'angström et plusieurs micromètres.

10 Il existe de nombreux exemples d'applications où les techniques de report de couche peuvent représenter une solution au problème de l'intégration de couches sur un support a priori inadapté à leur réalisation. Le transfert d'une couche mince sur un autre support fournit en effet aux ingénieurs un degré de liberté précieux pour pouvoir concevoir des structures impossibles par ailleurs.

15 Ces prélèvements de films minces permettent par exemple de réaliser des structures dites « enterrées » telles que des condensateurs enterrés pour les « DRAM » (initiales des mots anglais « *Dynamic Random Access Memory* », c'est-à-dire « Mémoire Vive Dynamique »), où les condensateurs sont construits puis reportés sur un autre substrat de silicium ;
20 on reprend ensuite la fabrication du reste des circuits sur ce nouveau substrat.

On rencontre un autre exemple encore dans le domaine des applications liées aux télécommunications et hyperfréquence. Dans ce cas, on préfère que les microcomposants soient intégrés au stade final sur un support présentant une résistivité élevée, typiquement de plusieurs kohm·cm au moins.
25 Mais on ne trouve pas aisément un substrat fortement résistif aux mêmes coût et qualité que les substrats standard habituellement utilisés. Une solution consiste à réaliser les microcomposants sur des substrats standards, puis à reporter, lors des étapes finales, une couche fine contenant les microcomposants sur un substrat isolant tel que le verre, le quartz ou le saphir.

30 D'un point de vue technique, ces opérations de transfert ont pour intérêt majeur de découpler les propriétés de la couche dans laquelle sont

formés les microcomposants de celles de la couche servant de support final, et sont par conséquent intéressantes dans bien d'autres cas encore.

On peut encore citer les cas où le substrat d'intérêt pour la réalisation des microcomposants coûte excessivement cher. Dans ce cas, par exemple celui du carbure de silicium qui offre de meilleures performances (températures d'utilisation plus élevées, puissances et fréquences maximum d'utilisation significativement améliorées, et ainsi de suite) mais dont le coût est très élevé comparativement au silicium, on aurait intérêt à transférer une couche fine du substrat cher (ici, le carbure de silicium) sur le substrat bon marché (ici, le silicium), et à récupérer le résidu du substrat cher pour réutilisation, après éventuellement une opération de recyclage. L'opération de transfert peut avoir lieu avant, au cours, ou après la réalisation des microcomposants.

Ces techniques peuvent également trouver leur intérêt dans tous les domaines où obtenir un substrat mince est important pour l'application finale. En particulier, on peut citer les applications de puissance, pour des raisons liées à l'évacuation de chaleur (qui sera d'autant meilleure que le substrat est fin) ou au fait que le courant électrique doit parfois traverser l'épaisseur des substrats, avec des pertes qui sont en première approximation proportionnelles à l'épaisseur traversée par ce courant. On peut aussi citer les applications de cartes à puce, dans lesquelles une finesse des substrats est recherchée pour des raisons de souplesse. De même, on peut citer les applications destinées à la réalisation de circuits tridimensionnels ainsi que d'empilements de structures.

Pour nombre d'applications, les étapes préliminaires sont réalisées sur des substrats épais ou d'épaisseur standard, avec pour avantages, d'une part, de bien supporter mécaniquement les différentes étapes technologiques, et d'autre part de répondre aux normes concernant leur passage sur certains équipements de production. Il est donc nécessaire de réaliser un amincissement pour conduire à l'application finale.

Pour réaliser le transfert d'une couche mince issue d'un substrat source vers un substrat cible, certains procédés connus sont fondés sur la

création dans un matériau d'une couche fragile enterrée, par implantation d'une ou plusieurs espèces gazeuses.

La demande de brevet FR-2 681 472 divulgue un tel procédé. Les espèces implantées créent une zone enterrée fragilisée par la présence de défauts tels que des micro-cavités, en particulier des micro-bulles (de forme essentiellement sphérique, en anglais « *bubbles* ») ou des « platelets » (en forme de lentille, en anglais « *platelets* »). Cette zone enterrée délimite avec la surface du substrat source une couche mince qui sera par la suite reportée sur le substrat cible.

10 Pour des variantes concernant la création d'une couche fragile enterrée par implantation d'une ou plusieurs espèces gazeuses, on pourra également se référer aux documents US-5,374,564 (ou EP-A-533551), US-6,020,252 (ou EP-A-807970), FR-2 767 416 (ou EP-A-1010198), FR-2 748 850 (ou EP-A-902843), FR-2 748 851, et FR-2 773 261 (ou EP-A-963598).

15 La taille caractéristique des défauts créés par une implantation ionique va du nanomètre à quelques dizaines de nanomètres. Le substrat ainsi fragilisé peut le cas échéant subir des traitements thermiques : on veillera alors à ce qu'un recuit thermique n'induisse pas de déformation ou d'exfoliation de surface. Le substrat fragilisé peut aussi subir des étapes de dépôt, d'oxydation thermique, d'épitaxie en phase gazeuse ou liquide, ou des traitements
20 d'élaboration de microcomposants électroniques et/ou optiques et/ou de capteurs.

Si les doses d'implantation ont été bien choisies, un apport subséquent d'énergie, par exemple un traitement thermique, au niveau de la zone enterrée fragilisée va favoriser la croissance des micro-cavités, de façon à former des micro-fissures. La couche enterrée d'inclusions est utilisée comme couche de piégeage dans le substrat. Celle-ci permet de localiser, préférentiellement au niveau de cette couche de piégeage, et en quantité suffisante, des espèces gazeuses qui pourront contribuer à la séparation finale
25 de la couche mince superficielle délimitée par la zone d'inclusions et la surface du substrat source.
30

Cette étape de séparation peut être effectuée à l'aide de traitements thermiques et/ou mécaniques adéquats.

L'avantage de tels procédés à couche fragile enterrée est de pouvoir réaliser des couches à base de matériaux cristallins (Si, SiC, InP, AsGa, 5 LiNbO₃, LiTaO₃, et ainsi de suite) dans une gamme d'épaisseurs pouvant aller de quelques dizaines d'angström à plusieurs micromètres, avec une très bonne homogénéité. Des épaisseurs plus élevées sont également accessibles.

Ces méthodes permettent en particulier la réutilisation du substrat après séparation, ces substrats ne se consommant que très peu à chaque 10 cycle. En effet, les épaisseurs de substrat sont quant à elles habituellement de plusieurs centaines de microns. On travaille ainsi avec des substrats que l'on peut qualifier de substrats « recyclables ».

Les espèces gazeuses implantées dans le substrat source peuvent être par exemple des ions d'hydrogène et/ou de gaz rares.

15 L'article intitulé « *Efficient production of silicon-on-insulator films by co-implantation of He⁺ with H⁺* » par Agarwal *et al.* (Appl. Phys. Lett., vol. 72, n° 9, mars 1998) décrit un procédé comprenant la co-implantation de deux espèces chimiques, à savoir l'hydrogène et l'hélium, dans un substrat de silicium. Les auteurs spécifient que les profils d'implantation des deux espèces 20 implantées doivent être localisés à la même profondeur. Il est ainsi possible de diminuer la dose totale implantée permettant l'obtention ultérieure de la fracture, par rapport à l'utilisation de l'une ou l'autre espèce chimique seule : selon les auteurs, cette technique permet une diminution de la dose totale implantée de l'ordre de 50%. Les auteurs divulguent également que l'ordre 25 d'implantation des deux espèces implantées est important : l'hydrogène doit être implanté en premier, et l'hélium en second ; si l'hélium était implanté en premier, la diminution de la dose totale implantée serait selon eux moins importante.

Lorsque l'on fait pénétrer des atomes dans le substrat source, par 30 exemple par implantation ionique, ces atomes se distribuent selon un profil quasi-gaussien comportant un pic, avec un maximum de concentration à une certaine profondeur qui croît avec l'énergie d'implantation des atomes. A partir

d'une concentration que l'on appellera « critique », les atomes implantés engendrent dans le matériau, comme expliqué ci-dessus, des défauts sous la forme, par exemple, de micro-bulles et/ou de platelets et/ou de micro-cavités et/ou de boucles de dislocation et/ou d'autres défauts cristallins, qui
5 amoindrisent la qualité cristalline du matériau. Cette concentration critique dépend, de façon importante, de l'espèce implantée, ainsi que de la nature du substrat source implanté.

La fracture subséquente du substrat se produira aux profondeurs pour lesquelles la densité de défauts cristallins est suffisamment importante, ce
10 qui requiert que la concentration implantée dépasse suffisamment la concentration critique. La profondeur du pic d'implantation étant fonction de l'énergie d'implantation ionique, cette énergie détermine en définitive l'épaisseur de la couche mince à reporter.

Après fracture, la couche mince reportée comporte une couche
15 perturbée en surface : par couche perturbée, on comprendra, dans le cadre de la présente invention, une couche comportant des vestiges, sous forme de rugosités et de défauts cristallins, des effets destructeurs de l'implantation ionique. L'épaisseur de cette couche perturbée augmente avec l'énergie d'implantation et avec la concentration en ions implantés.

20 Pour restituer une excellente qualité à la couche mince reportée, il faut supprimer cette couche perturbée. Les techniques permettant cette suppression sont nombreuses : on peut à titre d'exemple citer le polissage mécano-chimique, l'oxydation sacrificielle, ou l'attaque chimique (humide ou sèche). Notons que plus l'épaisseur retirée est importante, et plus
25 l'homogénéité en épaisseur de la couche mince reportée risque d'être dégradée. La réduction de l'épaisseur de la couche perturbée permet de limiter les traitements cités ci-dessus et présente donc, notamment, l'avantage de favoriser l'homogénéité en épaisseur de la couche mince reportée. Pour certaines applications, la réduction des coûts de traitement des substrats après
30 report est également un atout majeur.

La demande de brevet WO 99/39378 divulgue un procédé permettant de diminuer l'épaisseur de la couche perturbée présente à la

surface de la couche mince reportée, après l'étape de fracture. Ce document propose de réaliser des implantations multiples dans le substrat source. Les étapes consistent à :

- planter des atomes dans le substrat source à une première
5 profondeur pour obtenir une première concentration d'atomes à cette première profondeur,
- planter des atomes dans ce même substrat à une deuxième
profondeur, différente de la première, pour obtenir à cette deuxième
profondeur, une deuxième concentration d'atomes, inférieure à la première,
- 10 - effectuer sur ce substrat un traitement apte à faire migrer vers la première profondeur au moins une partie des atomes implantés à la deuxième profondeur, de manière à engendrer préférentiellement des micro-cavités à la première profondeur.

Le principe général de cette invention décrit une séquence de deux
15 ou plusieurs implantations, à deux ou plusieurs profondeurs différentes. On utilisera par la suite l'expression « pic principal » pour désigner le pic d'espèces implantées au niveau duquel on souhaite opérer la fracture ultérieurement, et l'expression « pic secondaire » pour les autres espèces implantées.

Un inconvénient de ce procédé est que les concentrations d'ions
20 implantés au niveau du ou des pic(s) secondaire(s) (qui forment les réservoirs d'atomes pour le premier pic) sont maintenues inférieures à la concentration au niveau du pic principal. Ainsi, si l'on veut réduire substantiellement la concentration d'ions implantés à ladite première profondeur (pour diminuer l'épaisseur de la zone perturbée après fracture), il devient nécessaire de
25 réaliser un grand nombre d'implantations successives, de façon à introduire dans le substrat source la quantité nécessaire d'atomes permettant l'obtention ultérieure de la fracture au niveau du premier pic. Réaliser un grand nombre d'implantations revient à augmenter le coût du procédé et rend particulièrement complexe l'enchaînement des étapes.

30 Afin de remédier à cet inconvénient, l'invention propose, selon un premier aspect, un procédé de fabrication d'une couche mince, dans lequel on crée une zone fragile enterrée par implantation d'une espèce chimique dans un

substrat, de manière à pouvoir ensuite déclencher une fracture dudit substrat le long de cette zone fragile afin d'en détacher ladite couche mince, ledit procédé étant remarquable en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

a) une implantation « principale » dans le substrat à une profondeur
5 « principale » d'une espèce chimique « principale », et

b) au moins une implantation « secondaire » dans le substrat, à une
profondeur « secondaire » différente de ladite profondeur principale, et à une
concentration supérieure à la concentration de l'espèce principale, d'au moins
une espèce chimique « secondaire » d'efficacité moindre que l'espèce
10 principale à fragiliser le substrat,

où lesdites étapes a) et b) peuvent être mises en œuvre dans un ordre
quelconque, et en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :

c) la migration d'au moins une partie de ladite espèce secondaire
jusqu'au voisinage de la profondeur principale, et

15 d) le déclenchement de ladite fracture, le long de la profondeur
principale.

Ainsi, selon l'invention, on plante au moins deux espèces
différentes, caractérisées par leur efficacité différente à former une zone
fragilisée dans le substrat source. Par fragilisation, on entend la formation de
20 défauts spécifiques de type micro-bulles et/ou micro-cavités et/ou platelets
et/ou autres défauts cristallins dont la forme, la taille et la densité seront
propices à la propagation future d'une fracture dans cette zone. L'efficacité
d'une espèce chimique donnée à former une zone fragilisée dépend de façon
importante du matériau constituant le substrat. Par exemple, l'espèce chimique
25 principale implantée pourra être constituée d'ions d'hydrogène, la ou les
espèces chimiques secondaires pourront être constituées d'ions d'au moins un
gaz rare, et le substrat pourra être en silicium, sans que cette combinaison
d'éléments soit limitative.

L'un des profils implantés localise la fracture qui sera provoquée
30 ultérieurement et qui permettra le report d'une couche mince superficielle ;
l'autre correspond à un réservoir d'espèces qui, après migration, faciliteront la
propagation de la fracture. Deux implantations sont habituellement suffisantes.

On notera que la concentration secondaire en espèce de moindre efficacité peut être égale à une fraction importante de la concentration qui serait suffisante pour que l'on puisse ultérieurement provoquer la fracture du substrat au niveau de cette implantation secondaire (il faudra naturellement
5 conserver, en choisissant cette concentration secondaire, une certaine marge de sécurité pour éviter que le substrat ne se fracture à ce niveau). Or comme l'espèce secondaire possède, selon l'invention, une efficacité moindre que l'espèce principale, cela signifie en pratique que la concentration secondaire peut être nettement supérieure à la concentration principale.

10 Grâce à la présente invention, on obtient donc, au moyen d'un nombre faible d'implantations, une zone fragilisée apte à servir ultérieurement de ligne de fracture, dans laquelle, en outre, la couche perturbée est relativement mince.

Sans prétendre vouloir fournir une explication physique définitive, on
15 pourra attribuer ces avantages de l'invention au mécanisme suivant. En examinant ce mécanisme, on gardera à l'esprit qu'après implantation, les ions implantés peuvent le cas échéant former des atomes neutres, ou se lier au substrat.

Il est probable que « l'efficacité » d'une espèce, c'est-à-dire sa
20 capacité à fragiliser le substrat, va de pair avec le piégeage, mentionné ci-dessus, de l'espèce implantée dans les défauts engendrés par l'implantation. Par exemple, dans le cas de l'implantation d'ions H^+ dans le silicium, il est connu que ces deux effets résultent probablement de la capacité de cette espèce à former des liaisons chimiques avec le substrat. Ainsi, lors de l'étape
25 c), la tendance à s'éloigner par diffusion de son pic d'implantation est plus forte pour l'espèce secondaire que pour l'espèce principale, précisément en raison de la moindre efficacité de l'espèce secondaire par comparaison avec l'espèce principale. L'espèce secondaire vient alors se loger, sous forme de gaz libre concentré, dans les micro-cavités préalablement créées par l'implantation
30 principale, et favorise la croissance de ces micro-cavités, sans pour autant élargir la zone perturbée au niveau du pic principal.

Selon des caractéristiques particulières, ladite profondeur secondaire est supérieure à ladite profondeur principale. Dans ce cas, les éventuels défauts cristallins engendrés par l'implantation secondaire seront situés en-dehors de la couche mince obtenue par le procédé selon l'invention.

- 5 Cette disposition contribue donc à l'obtention d'une couche mince de haute qualité.

Selon d'autres caractéristiques particulières, la profondeur secondaire est, au contraire, inférieure à la profondeur principale. En effet, une telle disposition peut être avantageuse pour certaines applications, par exemple
10 lorsqu'on souhaite former au moyen de l'implantation secondaire une couche de défauts cristallins spécifiques localisés au sein de la couche mince ; cette couche de défauts pourra par exemple présenter des propriétés d'isolation électrique et/ou de piégeage.

Selon des caractéristiques particulières, ladite étape c) de migration
15 est favorisée par un traitement thermique approprié. Cette caractéristique permet d'augmenter considérablement l'efficacité du procédé selon l'invention, et aussi de réduire sa durée de mise en œuvre. En effet, un tel traitement thermique joue un double rôle : d'une part, il favorise le développement des défauts cristallins présents au niveau du pic principal, et d'autre part il favorise
20 simultanément la migration des espèces secondaires (ions ou atomes).

Selon d'autres caractéristiques particulières, ladite étape d) est réalisée à l'aide d'un traitement thermique approprié. Sous l'effet de ce traitement thermique, le gaz d'espèces secondaires crée, au niveau du pic d'implantation principal, un effet de pression important qui contribue à la
25 fracture du substrat source.

Les caractéristiques des traitements thermiques appliqués seront choisies judicieusement en fonction de l'application concernée. Par exemple, pour certaines applications, il peut être utile – et il est possible grâce à l'invention – d'opérer avec un budget thermique inférieur à celui qui serait
30 nécessaire pour déclencher ladite fracture en l'absence des étapes b) et c), c'est-à-dire selon l'art antérieur (par « budget thermique », on entend l'application d'une température donnée pendant un temps donné). Selon un

autre point de vue, compte tenu d'un budget thermique prédéterminé (requis par une application particulière de l'invention), on veillera à respecter ce budget thermique, au besoin en réalisant une implantation d'espèces secondaires supérieure à celle qui serait nécessaire pour pouvoir déclencher ladite fracture

5 avec un budget thermique supérieur audit budget thermique prédéterminé.

Selon un second aspect, l'invention concerne une couche mince obtenue à l'aide de l'un des procédés décrits succinctement ci-dessus, avant ou après son report sur un support final.

D'autres aspects et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture

10 de la description détaillée, que l'on trouvera ci-dessous, de modes particuliers de réalisation donnés à titre d'exemples non limitatifs. Cette description se réfère aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un graphique montrant les profils de concentration d'ions ou d'atomes hydrogène implantés dans un substrat en fonction de la

15 profondeur dans le substrat, pour trois doses d'implantation données en exemple,

- la figure 2 est un graphique montrant l'épaisseur de la zone perturbée en fonction de la dose d'implantation dans le cas d'une implantation d'ions H^+ dans le silicium,

20 - les figures 3a à 3d représentent les étapes successives principales du procédé selon l'invention, et

- la figure 4 est un graphique montrant les profils de concentration, en fonction de la profondeur dans le substrat, de l'espèce principale et de l'espèce secondaire implantées au cours des étapes illustrées sur les figures 3a et 3b.

25 La **figure 1** montre, à titre d'exemple, trois profils d'implantation d'ions H^+ dans un substrat en silicium. Ces profils montrent, pour des doses d'implantation ionique égales à $1,5 \cdot 10^{16} H^+/cm^2$, $6,0 \cdot 10^{16} H^+/cm^2$, et $1,0 \cdot 10^{17} H^+/cm^2$, à une énergie de 75 keV environ, la concentration obtenue (en nombre d'ions ou d'atomes d'hydrogène par cm^3) dans ce substrat, en fonction de la

30 profondeur au-dessous de la surface implantée du substrat. La figure indique, purement à titre indicatif, le niveau minimum de concentration (concentration

critique) qui conduit à l'apparition de défauts cristallins causés par l'implantation ionique.

Ici, les trois courbes de concentration s'élèvent au-dessus de cette concentration critique, de sorte que, pour chaque courbe de concentration, on en déduit l'existence d'une zone perturbée dans le substrat (zone comportant des défauts cristallins ayant pour origine l'implantation ionique) située essentiellement entre les deux niveaux de profondeur où ladite courbe croise la ligne de concentration critique.

On peut associer ainsi à chaque implantation de dose suffisamment élevée, une épaisseur correspondante de zone perturbée, qui n'est montrée sur la figure 1 qu'à titre indicatif. La **figure 2** présente des données expérimentales concernant cette épaisseur, pour une gamme de doses implantées allant de $0,5 \cdot 10^{16} \text{ H}^+/\text{cm}^2$ à $1,2 \cdot 10^{17} \text{ H}^+/\text{cm}^2$, à une énergie de 75 keV environ. On constate que la largeur de la zone perturbée croît avec la dose implantée, ici entre 50 et 250 nanomètres (nm) environ. Après fracture, l'épaisseur de la couche perturbée mise en évidence à la surface de la couche mince reportée sera approximativement comprise entre 1/3 et 2/3 de l'épaisseur de la zone perturbée avant fracture.

Les figures 3a à 3d illustrent les étapes principales successives d'un procédé selon un mode de réalisation de l'invention.

La **figure 3a** montre l'implantation d'un substrat source 1 par une espèce chimique « secondaire » 2, qui crée une concentration de cette espèce secondaire 2 au sein du substrat 1 autour d'un pic de profondeur « secondaire » 3.

La **figure 3b** montre l'implantation par une espèce chimique « principale » 4 au droit de la même partie du substrat 1, qui crée une concentration de cette espèce principale 4 au sein du substrat 1 autour d'un pic de profondeur « principale » 5.

Au niveau de ce pic principal 5, le procédé selon l'invention enseigne d'implanter une espèce 4 montrant une efficacité importante pour fragiliser le substrat source. On implante au niveau du pic secondaire 3 des espèces 2 moins efficaces pour former des défauts de fragilisation.

Le mode de réalisation illustré ici concerne une application dans laquelle il importe d'optimiser la qualité de la couche mince obtenue en fin de processus. C'est pourquoi l'implantation de l'espèce secondaire 2, qui sert à constituer un réservoir d'atomes, est ici réalisée à une profondeur 3 supérieure à la profondeur d'implantation 5 de l'espèce principale 4 où la fracture du substrat 1 aura lieu ultérieurement.

La **figure 3c** illustre l'étape suivante de ce mode de réalisation de l'invention. Au cours de cette étape, on applique de préférence un traitement thermique (four, et/ou chauffage local, et/ou faisceau laser, ou autre), comme expliqué en introduction. Une fraction importante de ces espèces vient alors alimenter les défauts cristallins présents au niveau du pic principal (5) et favoriser la croissance de ces défauts.

Enfin, la **figure 3d** illustre l'opération classique de fracture du substrat 1 au niveau de la profondeur principale 5, de manière à détacher du substrat source 1 une couche mince 6, que l'on pourra le cas échéant reporter sur un substrat cible (non représenté). Ce détachement fait apparaître une fine couche perturbée 7 à la surface de la couche mince 6 (ainsi qu'une autre couche perturbée à la surface du substrat source 1).

Pour le déclenchement de la fracture, on pourra optionnellement, de façon connue, appliquer un traitement thermique (four, et/ou chauffage local, et/ou faisceau laser, ou autre), et/ou l'application de contraintes mécaniques telles que la projection d'un jet de fluide (gaz, liquide) et/ou l'insertion d'une lame au niveau de la zone fragilisée, et/ou des contraintes en traction, cisaillement ou flexion appliquées au substrat, et/ou des ondes acoustiques (ultrasons, ou autre).

Dans le cas où l'on a choisi de faire usage d'un traitement thermique au cours de l'étape c) de migration, il est avantageux, pour des raisons de simplicité de mise en œuvre, d'utiliser le même traitement thermique pour l'étape d). On pourra alors commodément réaliser les deux étapes c) et d) sans interruption.

Selon une variante, on appliquera d'abord, de façon connue, une couche d'épaisseur tel que de l'oxyde, du nitrure ou autre ; la présence de ce

support permettra de rigidifier la couche transférée du substrat fragilisé, notamment pour des étapes de transport et/ou de finition ; la propagation de la fracture au niveau du pic principal permettra ainsi d'obtenir une couche auto-portée comportant la couche mince issue du substrat source et la couche

5 d'épaisseur.

Selon une autre variante, un collage entre le substrat source implanté et un substrat cible pourra être effectué. Le substrat cible peut être, par exemple, en silicium, en plastique, ou en verre, et il peut être souple ou rigide. Cette solidarisation pourra par exemple être effectuée par collage direct

10 (adhésion moléculaire), ou encore par l'utilisation de colles ou autres substances adhésives ; la fracture macroscopique le long de la zone fragilisée donnera alors lieu à la séparation de la structure collée constituée des deux substrats source et cible en deux parties : la première partie constituée de la couche mince superficielle issue du substrat source, reportée sur le substrat

15 cible, la deuxième partie constituée du substrat source pelé d'une couche mince superficielle.

Selon encore une autre variante, avant ou au cours de l'étape d), on applique sur le substrat 1 un support « poignée », le report de la couche mince

6 étant ensuite effectué sur un support final.

20 Après séparation et report de la couche mince superficielle, le reste du substrat fragilisé peut être recyclé aussi bien en tant que substrat source qu'en tant, le cas échéant, que substrat cible.

L'avantage du procédé selon l'invention par rapport à la technique décrite dans le document WO 99/39378 est que, du fait des propriétés

25 différentes des deux espèces implantées au niveau des pics principal et secondaire, la dose implantée au niveau du pic principal peut être énormément diminuée par rapport à la dose habituelle nécessaire dans le cas d'une implantation unique (par exemple, dans le cas d'une implantation unique d'ions

hydrogène dans le silicium, cette dose habituelle est comprise entre $5 \cdot 10^{16}$ et

30 $10^{17} \text{ H}^+/\text{cm}^2$). Cette diminution de la dose d'espèce principale peut, selon les mesures effectuées par les présents inventeurs, atteindre 80%. Parallèlement, la concentration des espèces 2 implantées au niveau du pic secondaire 3 peut

nettement dépasser la concentration des espèces 4 implantées au niveau du pic principal 5, comme le montre la **figure 4**. Le pic secondaire 3 sert ainsi de réservoir d'espèces secondaires 2 destinées à migrer vers le pic principal 5.

La présente invention est notamment adaptée aux applications exigeant un faible budget thermique. Par exemple, lorsque l'on veut reporter par collage une couche mince d'un matériau A sur un substrat de matériau B, et que les propriétés mécaniques (telles que par exemple le coefficient de dilatation thermique) de ces deux matériaux sont différentes, les traitements thermiques appliqués ne peuvent excéder un certain budget thermique au-delà duquel la structure collée constituée des deux substrats de matériau A et B peut subir des dommages (tels qu'une cassure et/ou un décollement).

Pour de telles applications, on peut mettre en œuvre le procédé selon l'invention en choisissant les doses implantées des deux espèces de manière, à la fois, à déclencher une fracture à basse température à une profondeur prédéterminée, et à imposer une épaisseur prédéterminée de la zone perturbée. La dose d'espèces secondaires 2 sera alors augmentée par rapport à la dose secondaire selon l'invention, afin de favoriser la cinétique de fracture ; de plus, la dose des espèces 4 implantées au niveau du pic principal pourra être comprise entre la dose selon l'invention et la dose habituelle nécessaire pour localiser la fracture. Grâce à ces dispositions, on pourra obtenir, en un temps raisonnable, une fracture à basse température, tout en conservant les avantages provenant du fait que la zone perturbée après fracture est de faible épaisseur.

On va donner ci-dessous, pour terminer, trois exemples numériques de mise en œuvre de l'invention.

Selon un premier exemple, un substrat de silicium (Si) comportant une couche de silice (SiO_2) thermique en surface (épaisse par exemple de 50 nm) est implanté avec des atomes de néon à raison de $2 \cdot 10^{16}$ Ne/cm² à une énergie de 210 keV, puis implanté avec de l'hydrogène à raison de $7 \cdot 10^{15}$ H⁺/cm² à une énergie de 20 keV. Ce substrat source est ensuite solidarisé sur un substrat cible de Si par collage direct. Un traitement thermique à 500°C induit alors la croissance de micro-cavités et/ou de platelets localisés au niveau

du pic d'hydrogène : les atomes de néon migrent jusqu'au pic d'hydrogène et participent à la croissance défauts cristallins qui mèneront à la fracture finale. Grâce à l'invention, la largeur de la zone perturbée n'est que de 70 nm environ, alors que dans le cas d'une implantation unique selon l'art antérieur (de l'ordre de $5 \cdot 10^{16} \text{ H}^+/\text{cm}^2$), la largeur de la zone perturbée est de 150 nm environ.

Selon un deuxième exemple, un substrat de germanium (Ge) sur lequel on a déposé une couche de SiO_2 (épaisse, par exemple, de 100 nm) est implanté avec des atomes d'hélium à raison de $4 \cdot 10^{16} \text{ He}/\text{cm}^2$ à une énergie de 180 keV, puis implanté avec de l'hydrogène à raison de $2 \cdot 10^{16} \text{ H}^+/\text{cm}^2$ à une énergie de 60 keV. Ce substrat source peut ensuite être solidarisé sur un substrat cible de Si par collage direct. Un traitement thermique à 300°C induit ensuite la croissance des micro-cavités et/ou platelets localisés au niveau du pic d'hydrogène, les atomes d'hélium diffusant jusqu'à cette zone de défauts cristallins et participant à la mise sous pression et au développement de ceux-ci. La fracture finale au niveau du profil d'hydrogène mène au report de la couche de Ge sur le substrat de Si. Grâce à l'invention, la largeur de la zone perturbée n'est que de 300 nm environ, alors que dans le cas d'une implantation unique selon l'art antérieur, la largeur de la zone perturbée est de 400 nm environ.

Selon un troisième exemple, un substrat de Si comportant une couche de SiO_2 thermique en surface (épaisse, par exemple, de 200 nm) est implanté avec des atomes d'hélium à raison de $4 \cdot 10^{16} \text{ He}/\text{cm}^2$ à une énergie de 180 keV, puis implanté avec de l'hydrogène à raison de $2 \cdot 10^{16} \text{ H}^+/\text{cm}^2$ à une énergie de 75 keV. Ce substrat source peut ensuite être solidarisé, par collage direct, sur un substrat cible de silice fondue. La différence qui existe entre les coefficients de dilatation thermique de ces deux matériaux impose de réaliser un traitement thermique de fracture à basse température, habituellement de l'ordre de 300°C . Avec les doses d'implantation unique d'hydrogène utilisées classiquement (de l'ordre de $9 \cdot 10^{16} \text{ H}^+/\text{cm}^2$), il faudrait plusieurs jours pour parvenir à déclencher, à cette température, la fracture du substrat de Si le long de la zone fragile. En revanche, dans les conditions de co-implantation mentionnées ci-dessus, le traitement thermique induit la croissance des cavités

localisées au niveau du pic d'hydrogène, les atomes d'hélium diffusant jusqu'à la zone de défauts cristallins et participant à la mise sous pression et au développement de ceux-ci, de sorte que la fracture finale au niveau du profil d'hydrogène peut être réalisée en une heure environ seulement. On obtient

5 ainsi efficacement le report de la couche de Si sur le substrat de silice fondue. De plus, grâce à l'invention, la largeur de la zone perturbée n'est que de 110 nm environ, alors que dans le cas de l'implantation unique selon l'art antérieur, la largeur de la zone perturbée est de 230 nm environ.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une couche mince, dans lequel on crée
5 une zone fragile enterrée par implantation d'une espèce chimique dans un substrat (1), de manière à pouvoir ensuite déclencher une fracture dudit substrat (1) le long de cette zone fragile afin d'en détacher ladite couche mince (6), ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- a) une implantation « principale » dans le substrat (1) à une profondeur
10 « principale » (5) d'une espèce chimique « principale » (4), et
- b) au moins une implantation « secondaire » dans le substrat (1) à une profondeur « secondaire » (3) différente de ladite profondeur principale (5), et à une concentration supérieure à la concentration de l'espèce principale (4), d'au moins une espèce chimique « secondaire » (2) d'efficacité moindre que
15 l'espèce principale (4) à fragiliser le substrat (1),
où lesdites étapes a) et b) peuvent être mises en œuvre dans un ordre quelconque, et en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :
- c) la migration d'au moins une partie de ladite espèce secondaire (2) jusqu'au voisinage de la profondeur principale (5), et
20 d) le déclenchement de ladite fracture, le long de la profondeur principale (5).
2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite profondeur secondaire (3) est supérieure à ladite profondeur principale (5).
- 25 3. Procédé de fabrication selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite profondeur secondaire (3) est inférieure à ladite profondeur principale (5).
4. Procédé de fabrication selon la revendication 2 ou la revendication 3, caractérisé en ce que ladite au moins une implantation secondaire est mise
30 en œuvre avant ladite implantation principale.

5. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite étape c) est favorisée par un traitement thermique approprié.

6. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite étape d) est réalisée à l'aide d'un traitement thermique approprié.

7. Procédé de fabrication selon la revendication 5 et la revendication 6, caractérisé en ce que les étapes c) et d) sont réalisées au cours d'un même traitement thermique.

8. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que ledit traitement thermique est effectué avec un budget thermique inférieur à celui qui serait nécessaire pour déclencher ladite fracture en l'absence des étapes b) et c).

9. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que l'on respecte un budget thermique prédéterminé, au besoin en réalisant une implantation d'espèces secondaires (2) supérieure à celle qui serait nécessaire pour pouvoir déclencher ladite fracture avec un budget thermique supérieur audit budget thermique prédéterminé.

10. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que ledit traitement thermique comprend un chauffage au four et/ou un chauffage local et/ou un chauffage au laser.

11. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite étape d) comporte l'application de contraintes mécaniques.

12. Procédé de fabrication selon la revendication 11, caractérisé en ce que lesdites contraintes mécaniques comprennent l'utilisation d'un jet de fluide et/ou l'insertion d'une lame au niveau de la zone implantée, et/ou des contraintes en traction, cisaillement ou flexion appliquées au substrat (1), et/ou des ondes acoustiques.

13. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que, avant ou au cours de l'étape d),

on applique sur le substrat (1) un épaisseur qui servira de support à ladite couche mince (6) après sa séparation du substrat (1).

14. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que, avant ou au cours de l'étape d),
5 on applique sur le substrat (1) un support « poignée », le report de la couche mince (6) étant ensuite effectué sur un support final.

15. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'espèce chimique principale (4) est constituée d'ions ou d'atomes d'hydrogène.

10 16. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la ou les espèces chimiques secondaires (2) sont constituées d'ions ou d'atomes d'au moins un gaz rare.

17. Couche mince (6), caractérisée en ce qu'elle a été fabriquée au moyen d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16.

15 18. Couche mince (6) selon la revendication 17, caractérisée en ce qu'elle a été reportée sur un support souple ou rigide.

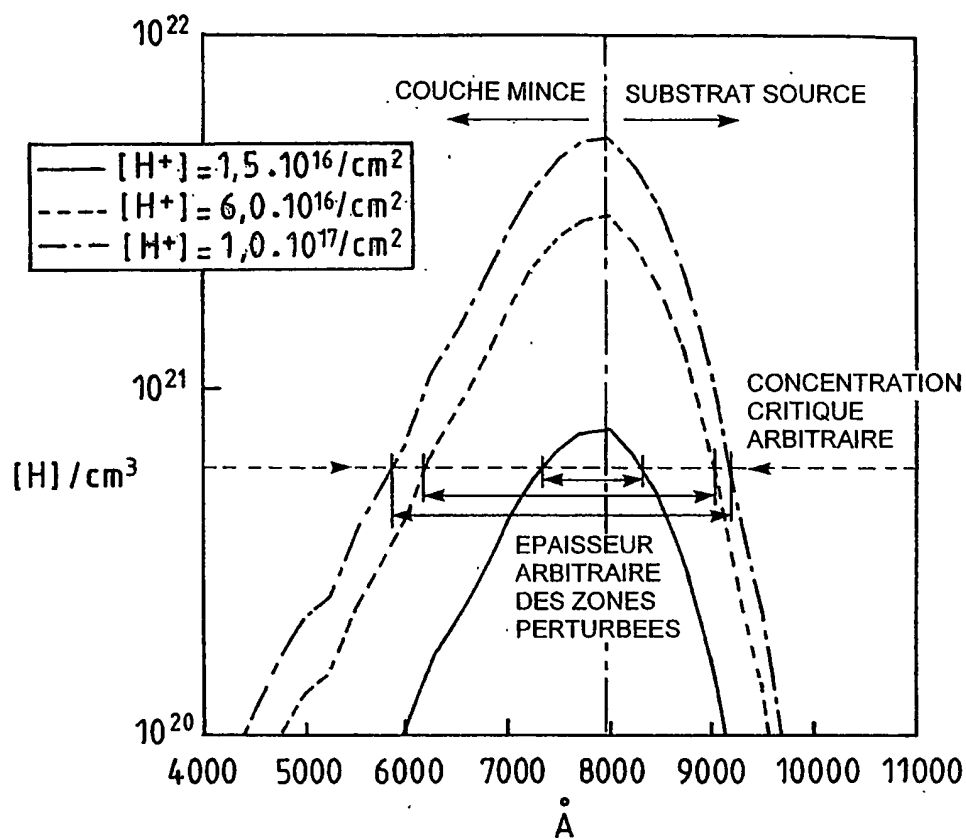


Fig.1

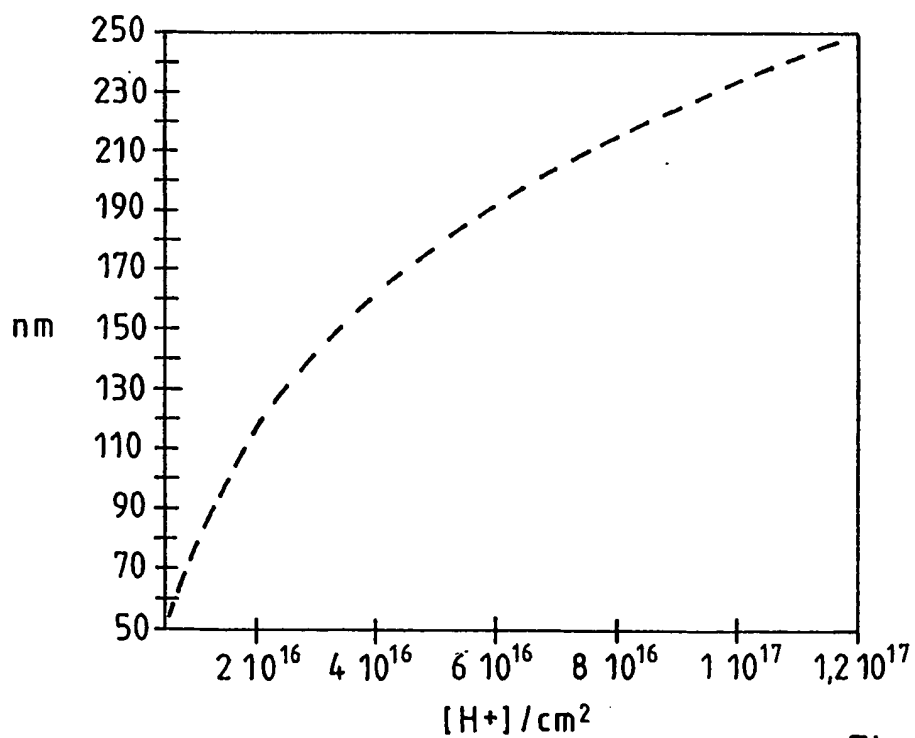


Fig. 2

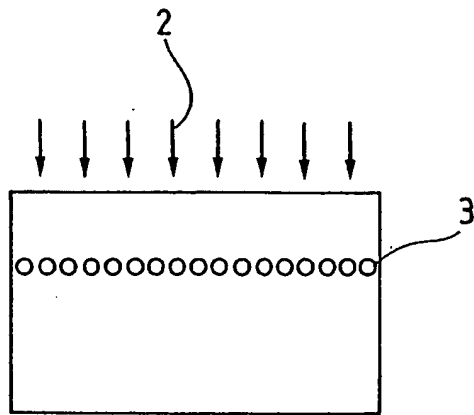


Fig. 3a

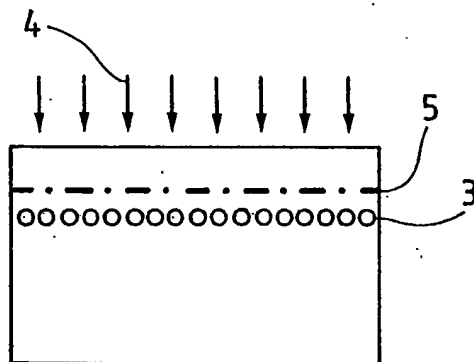


Fig. 3b

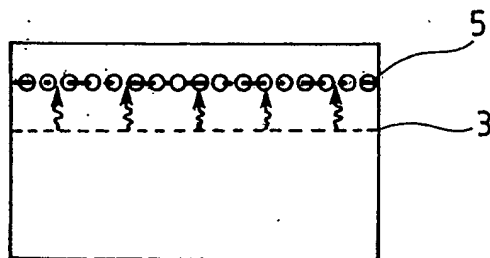


Fig. 3c

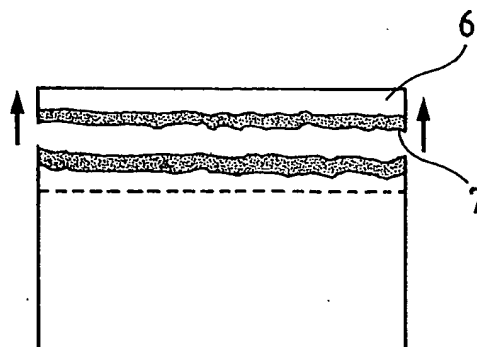


Fig. 3d

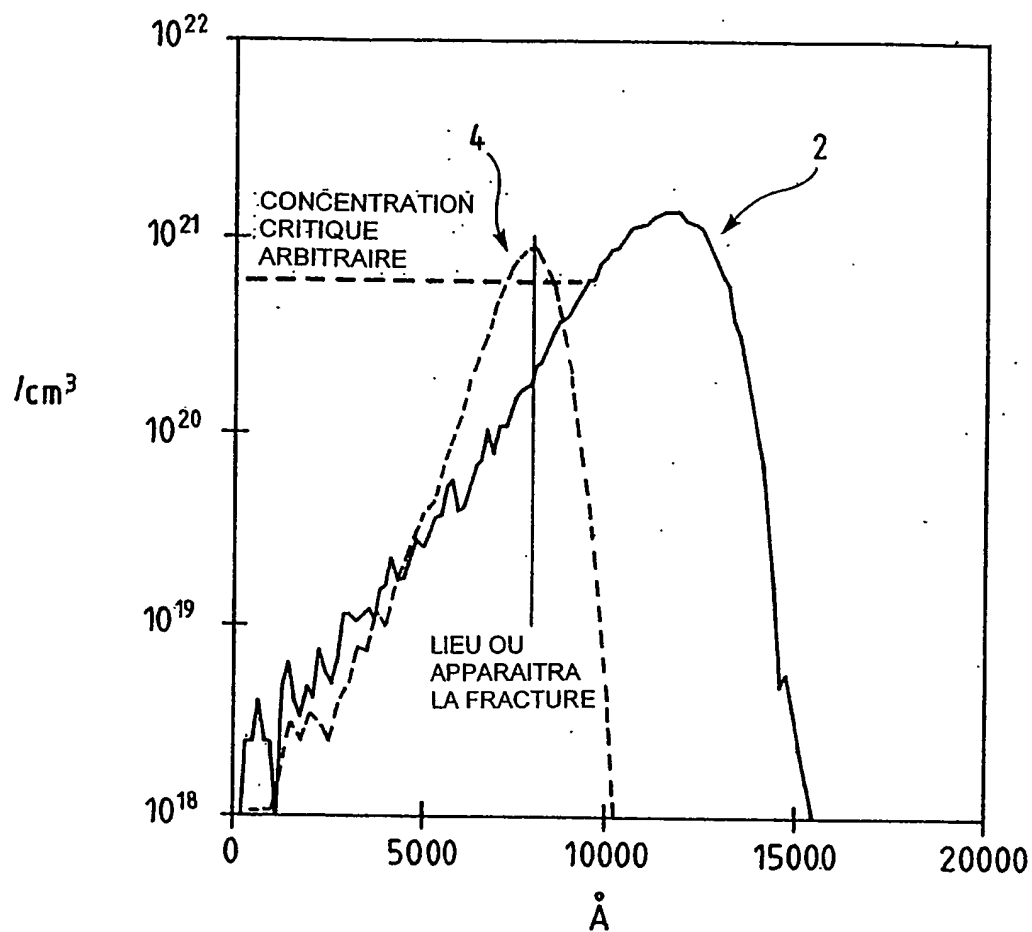


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/03256

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L21/762 H01L21/265

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 774 510 A (S O I TEC SILICON ON INSULATOR) 6 August 1999 (1999-08-06) abstract; claims; figures page 5, line 22 -page 11, line 32	1-3, 5-10,13, 15-18
Y	---	11,12,14
X	US 6 150 239 A (TONG QIN-YI ET AL) 21 November 2000 (2000-11-21) abstract column 7, line 46 -column 8, line 28 column 10, line 8 - line 38 column 13, line 5 - line 62 --- -/-	1-10,13, 15-18

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 March 2004

Date of mailing of the international search report

19/03/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wirner, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/03256

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 08, 30 June 1999 (1999-06-30) - & JP 11 087668 A (MITSUBISHI MATERIALS SHILICON CORP), 30 March 1999 (1999-03-30) abstract	1-10, 13, 15-18
X	AGARWAL A ET AL: "EFFICIENT PRODUCTION OF SILICON-ON-INSULATOR FILMS BY CO- IMPLANTATION OF HE+ WITH H+" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 72, no. 9, 2 March 1998 (1998-03-02), pages 1086-1088, XP000742819 ISSN: 0003-6951 cited in the application abstract page 1086, right-hand column, paragraph 2	1-3, 5-10, 13, 15-18
Y	WO 00 63965 A (KANG SIEN G ;MALIK IGOR J (US); SILICON GENESIS CORP (US)) 26 October 2000 (2000-10-26) abstract; figures 6,7 page 14, line 26 -page 15, line 21	11,12
Y	EP 0 786 801 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 30 July 1997 (1997-07-30) abstract; figures 6-10	14
A	EP 0 801 419 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 15 October 1997 (1997-10-15) abstract; figures	1-18
A	FR 2 773 261 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 2 July 1999 (1999-07-02) abstract; figures	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 03/03256

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2774510	A	06-08-1999	FR 2774510 A1	06-08-1999
			EP 1058946 A1	13-12-2000
			WO 9939378 A1	05-08-1999
			JP 2002502122 T	22-01-2002
			US 6429104 B1	06-08-2002
US 6150239	A	21-11-2000	US 5877070 A	02-03-1999
			WO 0019499 A1	06-04-2000
			EP 1118108 A1	25-07-2001
			JP 2003524876 T	19-08-2003
JP 11087668	A	30-03-1999	JP 3412470 B2	03-06-2003
WO 0063965	A	26-10-2000	US 6171965 B1	09-01-2001
			US 6204151 B1	20-03-2001
			US 6391219 B1	21-05-2002
			AU 4481100 A	02-11-2000
			WO 0063965 A1	26-10-2000
			US 2003008477 A1	09-01-2003
			US 2001016402 A1	23-08-2001
EP 0786801	A	30-07-1997	FR 2744285 A1	01-08-1997
			DE 69722832 D1	24-07-2003
			EP 0786801 A1	30-07-1997
			JP 9213594 A	15-08-1997
			US 5993677 A	30-11-1999
EP 0801419	A	15-10-1997	FR 2747506 A1	17-10-1997
			EP 0801419 A1	15-10-1997
			JP 10041242 A	13-02-1998
			SG 52946 A1	28-09-1998
			US 6103597 A	15-08-2000
FR 2773261	A	02-07-1999	FR 2773261 A1	02-07-1999
			EP 0963598 A1	15-12-1999
			WO 9935674 A1	15-07-1999
			JP 2001507525 T	05-06-2001
			TW 412598 B	21-11-2000

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR 03/03256

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01L21/762 H01L21/265

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 774 510 A (S O I TEC SILICON ON INSULATOR) 6 août 1999 (1999-08-06) abrégé; revendications; figures page 5, ligne 22 -page 11, ligne 32	1-3, 5-10,13, 15-18
Y	---	11,12,14
X	US 6 150 239 A (TONG QIN-YI ET AL) 21 novembre 2000 (2000-11-21) abrégé colonne 7, ligne 46 -colonne 8, ligne 28 colonne 10, ligne 8 - ligne 38 colonne 13, ligne 5 - ligne 62 --- -/-	1-10,13, 15-18

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

12 mars 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/03/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Wirner, C

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dema Internationale No
PCT/FR 03/03256

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 08, 30 juin 1999 (1999-06-30) -& JP 11 087668 A (MITSUBISHI MATERIALS SHILICON CORP), 30 mars 1999 (1999-03-30) abrégé	1-10, 13, 15-18
X	AGARWAL A ET AL: "EFFICIENT PRODUCTION OF SILICON-ON-INSULATOR FILMS BY CO- IMPLANTATION OF HE+ WITH H+" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 72, no. 9, 2 mars 1998 (1998-03-02), pages 1086-1088, XP000742819 ISSN: 0003-6951 cité dans la demande abrégé page 1086, colonne de droite, alinéa 2	1-3, 5-10, 13, 15-18
Y	WO 00 63965 A (KANG SIEN G ;MALIK IGOR J (US); SILICON GENESIS CORP (US)) 26 octobre 2000 (2000-10-26) abrégé; figures 6,7 page 14, ligne 26 -page 15, ligne 21	11,12
Y	EP 0 786 801 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 30 juillet 1997 (1997-07-30) abrégé; figures 6-10	14
A	EP 0 801 419 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 15 octobre 1997 (1997-10-15) abrégé; figures	1-18
A	FR 2 773 261 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 2 juillet 1999 (1999-07-02) abrégé; figures	1-18

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 03/03256

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2774510	A	06-08-1999	FR 2774510 A1	06-08-1999
			EP 1058946 A1	13-12-2000
			WO 9939378 A1	05-08-1999
			JP 2002502122 T	22-01-2002
			US 6429104 B1	06-08-2002
US 6150239	A	21-11-2000	US 5877070 A	02-03-1999
			WO 0019499 A1	06-04-2000
			EP 1118108 A1	25-07-2001
			JP 2003524876 T	19-08-2003
JP 11087668	A	30-03-1999	JP 3412470 B2	03-06-2003
WO 0063965	A	26-10-2000	US 6171965 B1	09-01-2001
			US 6204151 B1	20-03-2001
			US 6391219 B1	21-05-2002
			AU 4481100 A	02-11-2000
			WO 0063965 A1	26-10-2000
			US 2003008477 A1	09-01-2003
			US 2001016402 A1	23-08-2001
EP 0786801	A	30-07-1997	FR 2744285 A1	01-08-1997
			DE 69722832 D1	24-07-2003
			EP 0786801 A1	30-07-1997
			JP 9213594 A	15-08-1997
			US 5993677 A	30-11-1999
EP 0801419	A	15-10-1997	FR 2747506 A1	17-10-1997
			EP 0801419 A1	15-10-1997
			JP 10041242 A	13-02-1998
			SG 52946 A1	28-09-1998
			US 6103597 A	15-08-2000
FR 2773261	A	02-07-1999	FR 2773261 A1	02-07-1999
			EP 0963598 A1	15-12-1999
			WO 9935674 A1	15-07-1999
			JP 2001507525 T	05-06-2001
			TW 412598 B	21-11-2000

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.